

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-239759

(43)Date of publication of application : 28.08.2002

(51)Int.Cl.

B23K 26/00

(21)Application number : 2001-275856

(71)Applicant : GENERAL ELECTRIC CO <GE>

(22)Date of filing : 12.09.2001

(72)Inventor : MILLER MARK LLOYD
AZAD FARZIN HOMAYOUN
MANNAVA SEETHA RAMAIAH
WRIGHT PHELMON KENNARD III

(30)Priority

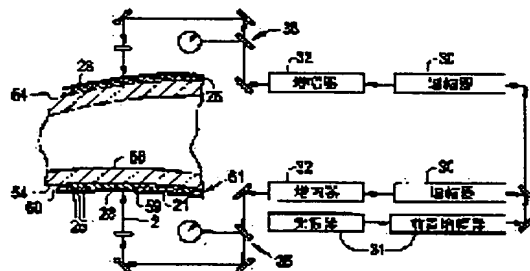
Priority number : 2000 660967 Priority date : 13.09.2000 Priority country : US

(54) METHOD AND ARTICLE OF LASER SHOCK PEENING TAPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an improved ablative tape which withstands repeated application of laser beam pulses and includes consumable medium for forming a locally residual compressive stress in a part which is processed with a laser shock peening.

SOLUTION: The consumable tape 59 includes the consumable medium including a polymer 23 and dispersed metallic component 25, is applied onto the surface of a substrate, and the shock peening is performed by a shock generated by the vaporization of the consumable medium at the irradiation of a high output laser beam pulse.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-239759
(P2002-239759A)

(43) 公開日 平成14年8月28日 (2002.8.28)

(51) Int.Cl.⁷
B 2 3 K 26/00

識別記号

F I
B 2 3 K 26/00

データベース* (参考)
E 4 E 0 6 8

審査請求 未請求 請求項の数10 OL 外国語出願 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2001-275856(P2001-275856)
(22) 出願日 平成13年9月12日 (2001.9.12)
(31) 優先権主張番号 09/660967
(32) 優先日 平成12年9月13日 (2000.9.13)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390041542
ゼネラル・エレクトリック・カンパニ
GENERAL ELECTRIC CO
MPANY
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケ
クタデイ、リバーロード、1番
(72) 発明者 マーク・ロイド・ミラー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケ
クタデイ、ベイカー・アベニュー・イース
ト、2120番
(74) 代理人 100093908
弁理士 松本 研一

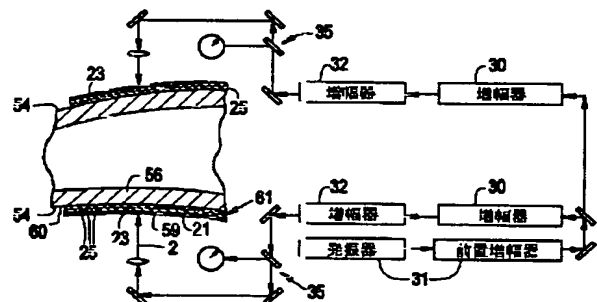
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ衝撃ピーニングテープの方法及び物品

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 部品のレーザ衝撃ピーニングに関し、その部
品内に局所的な圧縮残留応力を生成するための消耗媒体
を含むテープに関し、レーザパルスの繰り返しの使用に
よく耐える改良された消耗テープを提供する。

【解決手段】 消耗テープ59は、ポリマー23及び分
散された金属成分25を含む消耗媒体61を含み、基板
表面に貼られ、高出力レーザパルスの照射により、消耗
媒体が気化する際に発生する衝撃性により衝撃ピーニ
ングが施される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ポリマー（23）と分散された金属成分（25）とを含む消耗媒体（61）を含むことを特徴とするテープ（59）。

【請求項2】 前記消耗媒体（61）が非金属成分（25）を含むことを特徴とする請求項1に記載のテープ（59）。

【請求項3】 前記金属成分（25）が実質的に不透明で、プラズマにイオン化されうること特徴とする請求項1に記載のテープ（59）。

【請求項4】 前記金属成分（25）が、顔料であることを特徴とする請求項1に記載のテープ（59）。

【請求項5】 前記金属成分（25）が、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、亜鉛、スカンジウム、チタン、その他の遷移金属元素、それらの合金及びそれらの混合物からなる群から選ばれることを特徴とする請求項1に記載のテープ（59）。

【請求項6】 前記消耗媒体（61）が、約3から10重量%のアルミニウム及び約3から8重量%のカーボンを含むことを特徴とする請求項1に記載のテープ（59）。

【請求項7】 基板の表面を処理するための方法であって、

基板表面にポリマー（23）と分散された金属成分（25）とを含む消耗媒体（61）を含むテープ（59）を配置する工程と、

前記テープ（59）を照射して前記消耗媒体（61）を消耗する工程と、を含むことを特徴とする方法。

【請求項8】 前記照射が、前記基板内に残留応力を誘引する、少なくとも1つの衝撃波を生成することを特徴とする請求項7に記載の方法。

【請求項9】 前記テープ（59）を照射して前記消耗媒体（61）を消耗する工程は、レーザを使って前記消耗テープ（59）を照射することを含むことを特徴とする請求項7に記載の方法。

【請求項10】 前記金属成分（25）が、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、亜鉛、スカンジウム、チタン、その他の遷移金属元素、それらの合金及びそれらの混合物からなる群から選ばれることを特徴とする請求項7に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、部品のレーザ衝撃ピーニングに関し、その部品内に局所的な圧縮残留応力を生成するための消耗媒体を含むテープに関する。

【0002】

【従来の技術】レーザ衝撃ピーニング（LSP）は、タービンエンジンの部品のような加工品の表面領域にわたって深い圧縮残留応力の領域を生成する工程である。レーザ衝撃ピーニングは、典型的には、高出力レーザから

の多数の放射パルスを使用する。パルスすなわち「ヒット」が、その部品表面に衝撃波を生成する。その部品表面は、一般的にペイント或いはテープで覆われており、それらは消耗材料として機能する。消耗材料の幾らかの量はレーザ光線との接触で気化する。急速な気化が、衝撃波を発生し、この衝撃波は金属の中に伝わり、塑性変形を通して圧縮残留応力を引き起こす。衝撃波を該部品に向けるために、封込媒体を使用することができる。封込媒体は、透明なプラスチック或いは水カーテンのような透明な材料の層を含む。LSP工程は、その部品内に圧縮応力を引き起こし、疲労破壊に対する抵抗を大巾に増加させる。

【0003】消耗テープは、LSP消耗材料を提供するために開発された。このテープは、消耗層の一方の側に粘着性の層を含むことができる。しかしながら、LSP工程で普通に使われている消耗テープは、使用中に劣化することがある。その劣化は、テープの同じ領域にレーザ光線のパルスが繰り返し与えられることによる場合がある。そのテープの劣化は、その下にある部品表面に「バーンスポット」及び損傷を生じることになる。同一領域のパルス損傷を防ぐために、部品は繰り返しテープを張り替えることができる。しかしながら、テープの貼り替えは時間がかかり、労働集約的で、費用がかかる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】テープの貼り替えを減らすことができるLSPテープ工程の必要性がある。さらに、LSP工程で使用されるために改良された、弾性がある消耗テープが必要である。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、レーザパルスの繰り返しの使用によく耐える改良された消耗テープを提供する。そのテープは、ポリマーと分散された金属成分を含む消耗媒体を含む。

【0006】一実施形態においては、本発明は基板表面を処理する方法に関する。この方法においては、テープが基板表面に配置される。消耗テープは、ポリマーと分散された金属成分を含む消耗媒体を含む。次いで、テープは照射され、消耗媒体を消耗する。

【0007】もう一つの実施形態においては、本発明は、基板とその基板に配置された消耗テープを含む物品に関する。その消耗テープは、ポリマーと分散された金属成分を含む。

【0008】

【発明の実施の形態】マナーバ他の米国特許第5,674,328号は、消耗媒体を持つテープが接着されることにより該テープで覆われている、タービンエンジン部品のような製品の表面にレーザを発射することによって、金属部品にレーザ衝撃ピーニングを行う方法を教示する。テープは、封込媒体と消耗層と接着剤層とを持った粘着テープとすることができる。レーザ光線がテ

ブの貼られた部品表面に繰り返しパルスで発射される間中、部品とレーザー光線との間に連続的な動きが与えられる。パルスは消耗媒体を気化させ、部品表面より下に広がる深い圧縮残留応力を持つ表面スポットを形成する。封込め媒体は、圧縮残留応力の深さを増すために使うことができる。

【0009】本発明は、マナーバ他の工程及び他のLSP工程で使うことができるテープのための改良された消耗媒体に関する。その媒体は、同一領域への多数回の重ったLSPレーザー衝突に都合よく適応できる改良された丈夫さを持っている。典型的な従来技術の媒体は、せいぜい同一領域へは1回衝突(1X)又は2回衝突(2X)に耐えるだけである。結果として、一連の衝撃を注意深く制御するか、或いはその部品に繰り返しテープを貼り替えないといけない。本発明の媒体は劣化することなしに4X衝突以上に耐える。本発明の媒体の改良された丈夫さは、LSP工程の時間、労力及び費用において大巾な改良という結果になる。

【0010】これら及びその他の特徴は、限定的でない本発明の好ましい実施形態を示す図面及び以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【0011】図1及び図2は、本発明を具体化したレーザー衝撃工程(LSP)のためのタービンエンジンファンブレード8を示している。ファンブレード8は、本発明の範囲内で種々のタービン部品を代表するものである。ブレード8は、LSP工程のための基板を形成する。基板は、超合金、チタン合金、鉄鋼その他でありうる。知られているように、超合金は、少なくともニッケル基材料、コバルト基材料、或いは鉄基材料の1つを含むことができる。

【0012】ファンブレード8は、タービン内に取り付けられた位置にある。ファンブレード8は、ブレードプラットフォーム36からブレード先端38まで半径方向外方に延びる翼形部34を含む。ファンブレード8はまた、プラットフォーム36から半径方向内端37まで半径方向内向きに延びる根元部40を含む。ブレード根元部42は、ブレードシャフト44によってプラットフォーム36に接続されている。翼形部34は、該翼形部34の前縁LEと後縁TEの間を翼弦方向に延びている。

【0013】翼形部34の翼弦Cは、図2に示すように、それぞれの断面において前縁と後縁の間の線である。翼形部34の正圧側46は、矢印V(図1)に示されているように、一般に回転方向に向くように配置されている。負圧側48は、翼形部34のもう一方の側に配置されている。中心線MLは、一般に翼弦方向に2つの面の中間点を通るものとして定義される。

【0014】ファンブレード8は、さらに前縁部50を含み、それは翼形部34とブレードプラットフォーム36に沿ってブレード先端38まで延びている。前縁50はニック52を含む第1幅W1を有する。このニック52

は、一般にファンブレード8の使用中に形成される。ニック52は、高サイクル疲労応力増強要因として望ましくない働きをし、そこから亀裂がファンブレード8を通して伝播することになる。亀裂の伝播は、エンジン作動中の遠心力及び振動により発生する引張応力場によるものであり、これはタービン部品の望ましくない作動を生じ、タービン部品の故障をもたらすことがある。正圧側46及び負圧側48は、レーザー衝撃ピーニングされた表面54を含む。領域56は深い圧縮残留応力を示す。領域56は、翼弦方向にみて、幅W1を有する前縁部50と同じ範囲にすることができる。

【0015】図3は、図1のブレードにテープを貼りレーザー衝撃ピーニング装置に取り付けた状態を示す概略斜視図であり、図4は、図3の取り付け状態を部分的に横断面図で、また部分的に概略図で示すものである。図3及び図4を参照すると、ファンブレード8は、レーザー衝撃ピーニングを実行できる位置に取り付けられた状態で示されている。レーザー衝撃ピーニング装置は、発振器と前置増幅器を持つ発生装置31及び前置増幅されたレーザー光線を2個の光伝送回路へ供給するビーム分割器を含む。それぞれの光伝送回路は、消耗テープ59にレーザー光線2を送り、焦点を合わせるための第1及び第2の増幅器30、32及び適切な光学系35を含むものとすることができる。

【0016】本発明によると、消耗テープ59は、消耗媒体61を含む。消耗媒体61は、ポリマー23と分散された金属成分25を含む。本出願において、「分散された」というのは、ポリマー中に広く分布されていることを意味し、必ずしもポリマー内で細かく分割されたり、或いはコロイドサイズの粒子(それらを含むが)を意味している訳ではない。事実、金属成分は薄片、粒子、凝結物、膜或いは層の形状を含む、あらゆる形状でありうる。例えば、着色プラスチック裏張りのある膜は、本発明から除外する。「金属成分」という用語は、単一元素の形状、合金、分子、その他の適当な金属形状及びそれらと非金属成分との組み合わせの形態の金属を含む。

【0017】望ましい金属成分は、本質的には不透明で、プラズマにイオン化できるものである。これらの顔料は、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、亜鉛、チタン、スカンジウム、その他の遷移金属元素及びそれらの混合物を含む。最も望ましいのは、単一元素のアルミニウム、アルミニウム合金及びアルミニウム混合物である。

【0018】消耗媒体のポリマーは、ポリオレフィンのような熱可塑性のポリマーを含みうる。好ましくは、ポリマーは、ポリプロピレン、ポリエチレン・ポリマー或いはそれらのコポリマーがよい。

【0019】金属成分は、どれだけの量でも、例えば約6重量%まで消耗媒体に含ませうる。さらに、好ましい

実施形態としては、消耗媒体は、少なくとも約1重量%の量のカーボンを追加的に含むことができる。ある実施形態では、消耗混合物はアルミニウムとカーボンを含む。カーボンは、カーボンブラック或いはカーボン元素の他の形態として存在しうる。この実施形態においては、消耗媒体は約1から約15重量%のアルミニウム及び約1から約15重量%のカーボンを含むことができる。この実施形態においては、媒体は、約3から約10重量%のアルミニウム及び約3から約8重量%のカーボンを含むことが望ましく、約5から約8重量%のアルミニウムと約4から約6重量%のカーボンを含むことが好ましい。

【0020】また、封込め媒体21及び接着剤60は、図4で図解されているように消耗媒体61に沿って含ませることができる。封込め媒体21は、一般的にレーザ周波数に対して透過性である。その媒体は、金属内に塑性変形を生成するのに十分長い期間高プラズマ圧力を維持することによって、消耗媒体61に消耗を生じさせることによって起こる衝撃波を封込めする。層として図解されているが、封込め媒体21は、流動水のカーテン或いは別体に形成した透明の封込め材料シートにより構成することができる。消耗テープ59の構成部品として接着剤60を設けるか、或いはLSPの準備に際して部品上にテープを配置するより前にテープに接着剤を塗ることができる。或いは、テープが接着される基板上に接着剤を直接塗布してもよい。

【0021】消耗テープ59は、すでに述べたように、ここに説明したレーザ衝撃ピーニング(LSP)におけるテープとしての特別な用途を持っていて、同一の表面領域が繰り返し消耗される。金属成分を含有することは、同一場所にレーザ衝撃を繰り返す間に起こりうる気化の深さを減少させ、テープ材料が薄くなる程度を減少させる。図7に示すように、レーザ照射を繰り返した後も、消耗媒体の厚さがより高い比率で残る。

【0022】本発明を実施した消耗テープ59は、同一表面領域が繰り返し消耗されるレーザ衝撃ピーニングでの使用に望ましい形で適用することができる。これらに限定するものではないが、アルミニウム、及びアルミニウムとカーボンのような金属元素を含有させることは、レーザによる気化の深さ或いはテープ材料の除去を減少させる。言い換えれば、レーザ照射を繰り返した後もテープの厚さがより高い比率で残る。

【0023】再び図3及び図4を参照すると、LSPで使用されるレーザ光線2は、典型的には、ほぼ1ギガワット/cm²のオーダの大きさのピークパワー密度を示す。レーザ光線2は、上述したように、透明な封込め媒体を通して、例えば透明な層及び流動水のカーテンの1

つを通して照射することができる。消耗媒体は消耗され、プラズマを発生させる。プラズマは材料表面に衝撃波を引き起こす。これらの衝撃波は、次に、封込め媒体によって下にある基板に再び向けられる。その後、衝撃波は基板を貫通する。衝撃波の振幅と量が、圧縮残留応力の深さと強さを決定する。このように、消耗テープ59は基板のターゲット表面を保護し、プラズマの発生を助ける。

【0024】図5及び図6は、いくつかの連続したレーザ照射を表すレーザの円形スポットパターンを示している。図示するように、それぞれの円形スポット58は直径Dを有する。列の中心線62に沿って延びるスポット58のそれぞれの列64の中で、スポット58は第1オフセット「01」だけ互いに離れ、一定間隔に置かれている。スポット58の隣接した列は、第2オフセット「02」だけ互いに離れ、一定間隔に置かれている。さらに、隣接した列の連続照射は、第3オフセット「03」だけ互いに離れ、一定間隔に置かれている。このように、スポット58のパターンは、消耗テープ59の部分を覆っている。スポットのパターンは、2、3、或いは4回照射されることになる領域を含む。例えば、図5の「A」は、4回照射される消耗テープ59の領域を表している。本発明を実施した消耗テープ59の使用は、このように繰り返し照射される領域が劣化するのを防ぐ。

【0025】これら及び他の特徴は、限定的でない実施例による本発明の好ましい実施形態についての以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【0026】

【実施例】幾つかのサンプルが、レーザ光線の貫通の度合いを測定するために準備され、そして照射された。テープ型の着色した消耗媒体のサンプルの形成が、まず始めに市販の形態の、すなわち樹脂ペレットの濃縮物の形態の金属及びカーボン顔料を使用して始められた。この濃縮物が溶融され、ブラベンダミキサを使って、望ましい無着色ポリマー樹脂の溶融したペレットと混合された。ポリマーはポリプロピレンであった。消耗テープが基板上に貼られ、照射された。LSP工程においては、それぞれのサンプル上で2つのスポットが照射された。一方のスポットは4回照射され、したがって従来の消耗テープが耐えると思われている約2倍から4倍の厳しさを表している。もう一方のスポットは、テープが視覚的にだめになったと判断されるまで照射され、そしてこの照射数が記録された。配合と結果を、表1に示す。

【0027】

【表1】

サンプル番号	サンプル種類	スポット当たりの照射数
1	標準 a	4
2	標準 b	4
3	カーボン 3 %、アルミニウム無 (以下全てポロプロピレン中に)	4
4	カーボン 6 %、アルミニウム無	4
5	カーボン 9 %、アルミニウム無	4
6	アルミニウム 3 %、カーボン無	4
7	アルミニウム 6 %、カーボン無	4
8	アルミニウム 9 %、カーボン無	4
9	カーボン 6 %、アルミニウム 3 %	4
10	カーボン 3 %、アルミニウム 6 %	4
11	カーボン 6 %、アルミニウム 6 %	4

【0028】表中の標準 a と標準 b は、金属成分を使っていない周知のテープである。ピーニング工程の結果は図 7 に要約されている。図 7 はサンプル 1 ないし 11 についてのピーニング作業後に残存するテープの厚さを示すグラフである。このグラフは、右軸に元のテープの厚さを示し、そして左軸に残存するテープの厚さを示している、両方とも単位はマイクロメートル (μm) である。

【0029】図示するように、アルミニウム、或いはアルミニウム及びカーボンの少なくとも 1 つを含む本発明を実施した消耗テープは、テープの厚さを保つことによって望ましい結果を提供する。実施例は、本発明による消耗媒体が、下にある基板の劣化を防ぐのに適していることを示している。媒体はまた、繰り返しのレーザ衝撃に対しても耐久性がある。媒体は、下にある基板の劣化を防ぐ。このことは、テープの貼り替えの必要なしにピーニング及び処理を続けることを可能にする。

【0030】好ましい実施形態について説明してきたが、本発明は、変更及び修正が可能であり、それ故、実施例の厳密な細部に限定されるべきでない。本発明は、特許請求の範囲内に入る変更及び修正を含むものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 処理されるファンブレードの斜視図。

【図 2】 図 1 のファンブレードの横断面図。

【図 3】 テープを貼りレーザ衝撃ピーニング装置に取り付けられた、図 1 のブレードの概略斜視図。

【図 4】 図 3 に示す取り付け状態の部分横断面図及び部分概略図。

【図 5】 レーザ衝撃ピーニング表面上のレーザ衝撃ピーニング円形スポットパターンの概略図。

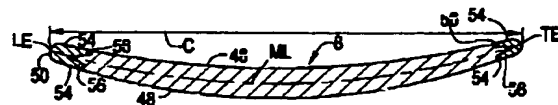
【図 6】 4 連続のレーザ衝撃ピーニング円形スポットを持つ特別なパターンの概略図。

【図 7】 テープの残存する厚さ（数回のレーザパルス適用後の残存するテープの厚さ）を示すグラフ。

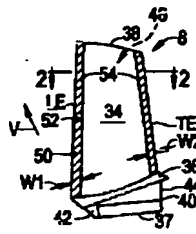
【符号の説明】

- 21 封込め媒体
- 23 ポリマー
- 25 金属成分
- 30 第 1 の増幅器
- 31 発生装置
- 32 第 2 の増幅器
- 35 光学系
- 54 基板の表面
- 56 基板の領域
- 59 消耗テープ
- 60 接着剤
- 61 消耗媒体

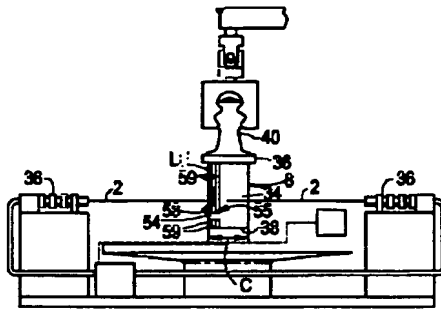
【図 2】



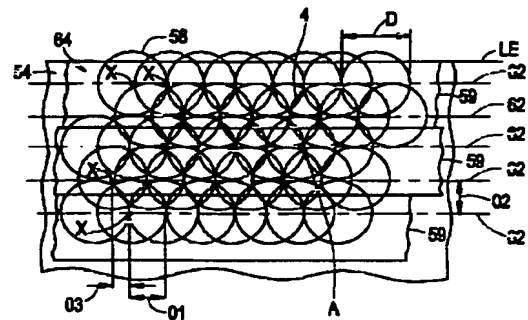
【図1】



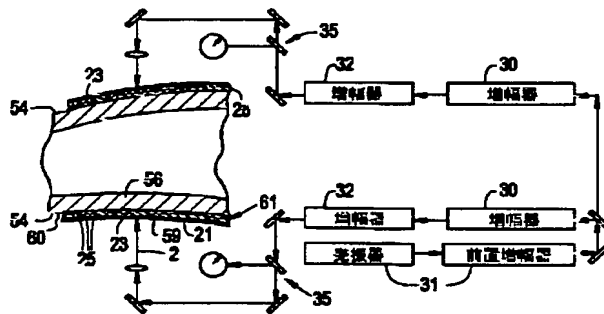
【図3】



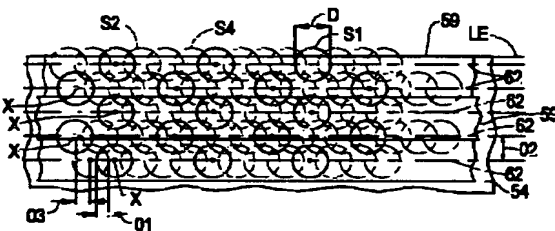
【図5】



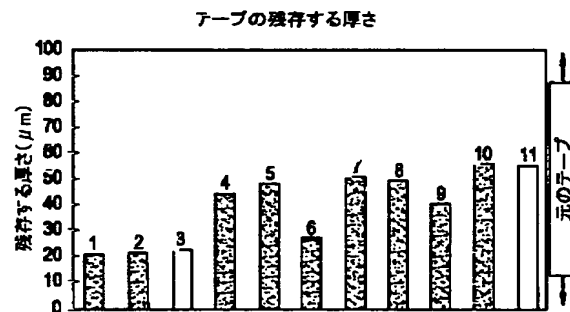
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 ファージン・ホマユーン・アザド
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフ
トン・パーク、バーニー・ロード、18番

(72)発明者 シーザ・ラマイアー・マンナヴァ
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
ィ、ティンバー・オックス・テレース
9757番

(72)発明者 フレモン・ケナード・ライト、ザ・サード
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
ィ、コンプトン・リッジ・ドライブ、270
番

!(7) 002-239759 (P2002-239759A)

Fターム(参考) 4E068 AH00 DB10

【外国語明細書】

1. Title of Invention

LASER SHOCK PEENING TAPE, METHOD AND
ARTICLE

2. Claims

1. A tape (59), comprising an ablative medium (61) comprising a polymer (23) and dispersed metallic component (25).
2. The tape (59) of claim 1, wherein the ablative medium (61) includes a non-metallic component (25).
3. The tape (59) of claim 1, wherein the metallic component (25) is substantially opaque and capable of being ionized to a plasma.
4. The tape (59) of claim 1, wherein the metallic component (25) is a pigment.
5. The tape (59) of claim 1, wherein the metallic component (25) is selected from the group consisting of aluminum, magnesium, calcium, strontium, zinc, scandium, titanium, other transition metal elements, alloys thereof and compounds thereof.
6. The tape (59) of claim 1, wherein the ablative medium (61) comprises about 3 to about 10 weight % aluminum and about 3 to about 8 weight % carbon.

7. A method for treating a surface of a substrate, comprising steps of:

applying a tape (59) onto a substrate surface, the tape (59) comprising an ablative medium (61) comprising a polymer (23) and dispersed metallic component (25); and

irradiating the tape (59) to ablate the ablative medium (61).

8. The method of claim 7, wherein the irradiation produces at least one shock wave that induces residual stresses in the substrate.

9. The method of claim 7, wherein the step of irradiating the tape (59) to ablate the ablative medium (61) comprises irradiating the ablative tape (59) using a laser.

10. The method of claim 7, wherein the metallic component (25) is selected from the group consisting of aluminum, magnesium, calcium, strontium, zinc, scandium, titanium, other transition metal elements, alloys thereof and compounds thereof.

3. Detailed Description of Invention

BACKGROUND OF THE INVENTION

This invention relates to laser shock peening of a part and to a tape, which includes an ablative medium for producing localized compressive residual stresses in the part.

Laser shock peening (LSP) is a process for producing a region of deep compressive residual stresses over a surface area of a work piece such as a part of a turbine engine. Laser shock peening typically uses multiple radiation pulses from high power lasers. The pulses or "hits" produce shock waves on the part surface. The part surface is generally coated with a paint or tape, which functions as an ablation material. Some amount of the ablation material vaporizes from contact with the laser beam. The rapid vaporization produces a shock wave which travels into the metal, creating compressive residual stress through plastic deformation. A confining medium can be employed to direct the shock waves into the part. The confining medium comprises a transparent layer of material such as a transparent plastic or a curtain of water. The LSP process creates compressive stresses in the part, which considerably increase resistance to fatigue failure.

Ablative tapes have been developed to provide the LSP ablation material. The tapes can comprise an adhesive layer on one side of an ablative layer. However, an ablative tape typically used in an LSP process can degrade during use. The degradation may be due to repeated pulses of the laser beam to the same tape area. Degradation of the tape results in "burn spots" and damage to the underlying part surface. The part can be repeatedly re-taped to prevent same area pulse damage. However, re-taping is time consuming, labor-intensive and costly.

There is need for an LSP tape process that requires decreased retaping. In addition, there is a need for an improved, resilient ablative tape for use in an LSP process.

SUMMARY OF THE INVENTION

The invention provides an improved ablative tape that withstands repeated application of laser pulses. The tape comprises an ablative medium comprising a polymer and dispersed metallic component.

In an embodiment, the invention relates to a method for treating a surface of a substrate. In the method, a tape is applied onto a substrate surface. The ablative tape comprises an ablative medium comprising a polymer and dispersed metallic component. The tape is then irradiated to ablate the ablative medium.

In another embodiment, the invention relates to an article, comprising a substrate and an ablative tape applied to the substrate. The ablative tape comprises a polymer and a dispersed metallic component.

DESCRIPTION OF THE INVENTION

Mannava *et al.*, U.S. Pat. 5,674,328 teaches a method of laser shock peening a metallic part by firing a laser onto a surface of a work piece such as a turbine engine part, which has been adhesively covered by a tape having an ablative medium. The tape can be a self-adhering tape with a confinement medium, ablative layer and adhesive layer. Continuous movement is provided between the part and the laser beam while the laser beam is fired in repeated pulses onto the taped surface of the part. The pulses vaporize the ablative medium to form surface spots having deep compressive residual stresses that extend below the part surface. A confinement medium may be used to increase the depth of compressive residual stresses.

The present invention relates to an improved ablative medium for a tape that can be used in Mannava *et al.* and other LSP processes. The medium has an improved robustness that advantageously accommodates multiple overlapping LSP laser hits to the same area. Typical prior art media can withstand one hit (1X) or two hits (2X) at the most to the same area. As a result, a sequence of shocks must be carefully controlled or the part must be repeatedly retaped. The medium of the invention can sustain up to 4X hits and greater without degradation. The improved robustness of the inventive medium results in a substantial improvement in time, labor and cost of an LSP process.

These and other features will become apparent from the drawings and following detailed discussion, which by way of example without limitation describe preferred embodiments of the present invention.

FIGs. 1 and 2 illustrate a turbine engine fan blade 8 for laser shock peening (LSP) process, as embodied by the invention. The fan blade 8 is representative of various turbine components within the scope of the invention. The blade 8 forms a substrate for the LSP process. The substrate can be a superalloy, titanium alloy, steel or the like. As is known, the superalloy may comprise at least one of nickel-, cobalt-, or iron-based materials.

The fan blade 8 is in an as-mounted position in a turbine. The fan blade 8 comprises an airfoil 34 that extends radially outward from a blade platform 36 to a blade tip 38. The fan blade 8 also comprises a root section 40 that extends radially inward from platform 36 to a radially inward end 37. A blade root 42 is connected to the platform 36 by a blade shank 44. The airfoil 34 extends in a chordwise direction between a leading edge, LE, and trailing edge, TE, of the airfoil 34.

A chord, C, of the airfoil 34 is a line between the leading edge and the trailing edge at each cross-section, as illustrated in FIG 2. A pressure side 46 of the airfoil 34 is disposed to generally face a rotation direction, as indicated by arrow V (FIG. 1). A suction side 48 is disposed on the other side of the airfoil 34. A mean-line, ML is defined to generally extend midway between faces in a chordwise direction.

The fan blade 8 further comprises a leading edge section 50, which extends along the airfoil 34 and the blade platform 36 to the blade tip 38. The leading edge 50 includes a first width, W1, that comprises nicks 52. Such nicks 52 are generally formed during use of the fan blade 8. The nicks 52 undesirably act as high cycle fatigue stress risers, from which cracks can propagate through the fan blade 8. Crack propagation is due to tensile stress fields generated from centrifugal forces and vibration during engine operation, which can lead to undesirable turbine component operation and possible turbine component failure. The pressure side 46 and suction side 48 comprise laser shock peened surfaces 54. Regions 56 exhibit deep compressive residual stresses. The regions 56 can be coextensive with the leading edge section 50 in a chordwise direction with the width W1.

FIG. 3 is a schematic perspective view of the blade of FIG. 1 taped and mounted in a laser shock peening system and FIG. 4 is a partial cross-sectional and a partial schematic view of the setup in FIG. 3. Referring to FIG. 3 and FIG. 4, the fan blade 8 is shown mounted in a position to effect laser shock peening. The laser shock peening system comprises a generator 31 having an oscillator and a pre-amplifier, and

a beam splitter, which feeds the pre-amplified laser beam into two beam optical transmission circuits. Each optical transmission circuit may comprise first and second amplifiers 30 and 32 and appropriate optics 35 to transmit and focus laser beam 2 onto ablative tape 59.

Ablative tape 59 comprises an ablative medium 61 according to the invention. The ablative medium 61 comprises a polymer 23 and a dispersed metallic component 25. "Dispersed" in this application means widely spread through the polymer and does not necessarily mean (although it includes) finely divided or colloidal sized particles in the polymer. In fact, the metallic component can be in any form including in the form of a flake, particle, aggregate, film or layer. For example, a film with a pigmented plastic backing is excluded from the present invention. The term "metallic component" comprises metals in elemental form, alloys, molecules, other suitable metallic forms and combinations thereof with non-metallic components.

Preferred metallic components are substantially opaque and are capable of being ionized to a plasma. These pigments include magnesium, calcium, strontium, zinc, titanium, scandium and other transition metal elements and compounds. Most preferred are elemental aluminum, aluminum alloys and aluminum compounds.

The polymer of the ablative medium can comprise a thermoplastic polymer, such as a polyolefin. Preferably the polymer is a polypropylene, polyethylene polymer or copolymer thereof.

The metallic component can be provided in the ablative medium in any amount, for example in an amount up to about 6 weight %. Further, in a preferred embodiment the ablative medium can additionally comprise carbon in an amount of not less than about 1 weight %. In one embodiment, the ablative composition comprises aluminum and carbon. The carbon can be present as a carbon black or other forms of elemental carbon. In this embodiment, the ablative medium can

comprise about 1 to about 15 weight % aluminum and about 1 to about 15 weight % carbon. Desirably in this embodiment, the medium comprises about 3 to about 10 weight % aluminum and about 3 to about 8 weight % carbon and preferably about 5 to about 8 weight % aluminum and about 4 to about 6 weight % carbon.

Also, a confinement medium 21 and an adhesive 60 can be included along with the ablative medium 61, as illustrated in FIG. 4. The confinement medium 21 is generally transparent to the laser frequency. The medium provides a containment of the shock waves upon ablation of the ablative medium 61 by maintaining high plasma pressures for a period long enough to generate plastic deformation in the metal. While illustrated as a layer, the confinement medium 21 can comprise a curtain of flowing water or a separate sheet of clear confinement material. An adhesive 60 can be provided as a component of the ablative tape 59 or an adhesive can be separately applied to the tape prior to application of the tape to a part in preparation for LSP. Or an adhesive layer can be separately applied directly onto the substrate over which the tape is adhered.

The ablative tape 59, as described, has special use as a tape in laser shock peening (LSP) as described herein, where a same surface area is repeatedly ablated. The inclusion of the metallic component reduces depth of vaporization and thinning of tape material that can occur during repeated laser shock in the same spot. As illustrated in FIG. 7, a higher percentage of the ablative medium thickness remains after repeated irradiation by the laser.

The ablative tape 59, as embodied by the invention, can find desirable applications for use in laser shock peening (LSP) where a same surface area is repeatedly ablated. The inclusion of metallic elements, such as, but not limited to, aluminum, and aluminum and carbon, can reduce a depth of vaporization or removal of the tape material by the laser. In other words, a higher percentage of the tape's thickness remains after repeated irradiation by a laser.

Referring again to FIG. 3 and FIG. 4, the laser beam 2 that is used in the LSP, typically exhibits a peak power density on the order of magnitude of a gigawatt/cm². The laser beam 2 can be fired through a transparent confinement medium, as discussed above, for example through one of a transparent layer and a curtain of flowing water. The ablative medium will be ablated to generate plasma. The plasma results in shock waves on the surface of the material. These shock waves are then redirected toward the underlying substrate by the confinement medium. Thereafter, the shock waves penetrate the substrate. The amplitude and quantity of the shock waves can determine the depth and intensity of the residual compressive stresses. Accordingly, the ablative tape 59 can protect the target surface of the substrate and assist in the generation of plasma.

FIG. 5 and FIG. 6 show patterns of laser circular spots that represent several sequences of laser firing. As illustrated, each circular spot 58 possesses a diameter D. In each row 64 of spots 58 that extend along a row centerline 62, the spots 58 are spaced apart from each other by a first offset "01". Adjacent rows of spots 58 are spaced apart from each other by a second offset "02". Further, the firing sequence of adjacent rows are spaced apart from each other by a third offset "03". Thus, a pattern of spots 58 covers portions of the ablative tape 59. The pattern of spots includes areas that may be irradiated two, three or four times. For example, "A" of FIG. 5 represents an area of the ablative tape 59 that was irradiated four times. The use of an ablative tape 59, as embodied by the invention, prevents such repetitively irradiated areas from deterioration.

These and other features will become apparent from the following detailed discussion, which by way of example without limitation describes preferred embodiments of the present invention.

EXAMPLE

Several samples were prepared and irradiated to determine the degree of penetration of a laser beam. Samples of pigmented ablative media in tape form

were made starting with metallic and carbon pigments in commercial form -- concentrates in resin pellets. The concentrates were melted and mixed with molten pellets of the desired un-pigmented polymer resin using a Brabender mixer. The polymer was a polypropylene. The ablative tapes were applied onto a substrate and irradiated. In the LSP procedure, two spots were hit on each sample. One spot was hit 4 times, and thus represents about two to four times the severity that a conventional ablative tape is expected to survive. The other spot was hit until the tape was visually judged to have failed, and this number of hits recorded. Compositions and results are given in TABLE 1.

TABLE 1

Sample number	Sample Description	# of hits per spot
1	standard a	4
2	standard b	4
3	3%C, no Al (all below are in PP)	4
4	6%C, no Al	4
5	9%C, no Al	4
6	3%Al, no C	4
7	6%Al, no C	4
8	9%Al, no C	4
9	6%C, 3%Al	4
10	3%C, 6%Al	4
11	6%C, 6%Al	4

In the TABLE, standard a and standard b are known tapes without metallic component. The results of the peening processes are summarized in Fig. 7. FIG. 7 is a chart of remaining tape thickness from the peening operations for the samples 1-11. The chart shows original tape thickness on the right axis and remaining tape thickness on the left axis, both in μm .

As indicated, ablative tapes as embodied by the invention, comprising at least one of aluminum or aluminum and carbon, provide desirable results by preserving tape thickness. The Example shows that an ablative medium according to

the invention is suitable for preventing deterioration of an underlying substrate. The medium is also durable to repeated laser shocks. The medium prevents deterioration of the underlying substrate. This allows continuing peening and processing without requiring re-application of tape.

While preferred embodiments have been described, the present invention is capable of variation and modification and therefore should not be limited to the precise details of the Examples. The invention includes changes and alterations that fall within the purview of the claims.

4. Brief Description of Drawings

FIG. 1 is a perspective view of a fan blade to be processed;

FIG. 2 is a cross-sectional view of the fan blade in FIG. 1;

FIG. 3 is a schematic perspective view of the blade of FIG. 1 taped and mounted in a laser shock peening system;

FIG. 4 is a partial cross-sectional and a partial schematic view of the setup in FIG. 3;

FIG. 5 is a schematic illustration of a pattern of laser shock peen circular spots on a laser shock peen surface;

FIG. 6 is a schematic illustration of a particular pattern having four sequences of laser shock peen circular spots; and

FIG. 7 is a graph showing the remaining thickness of tapes (remaining tape thickness after several laser pulse applications).

FIG. 1

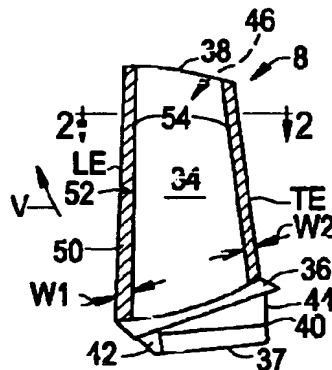


FIG. 2

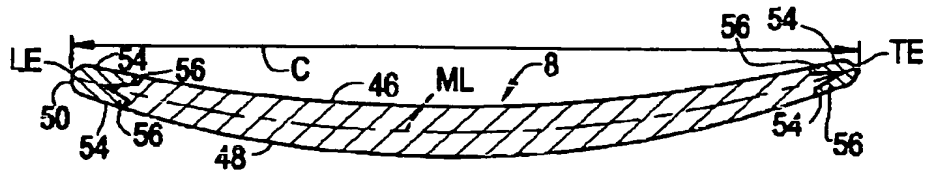


FIG. 3

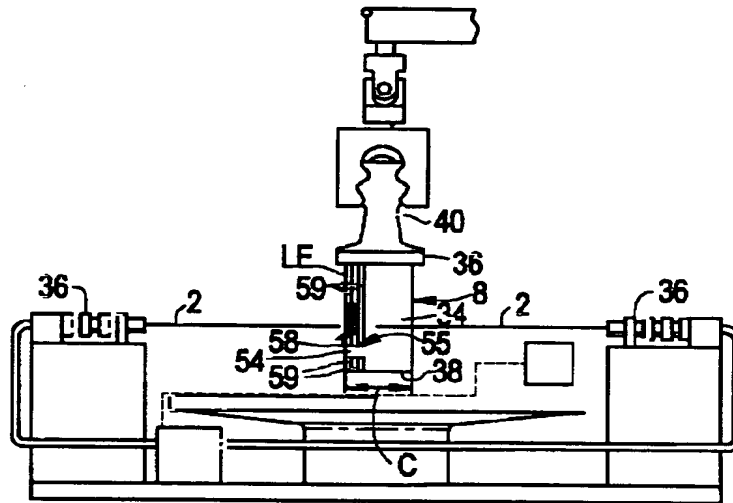


FIG. 4

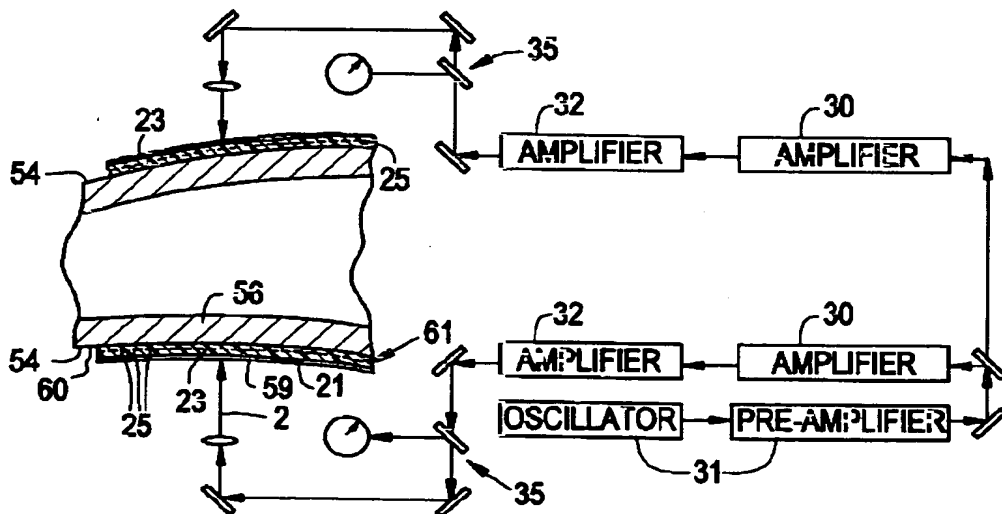


FIG. 5

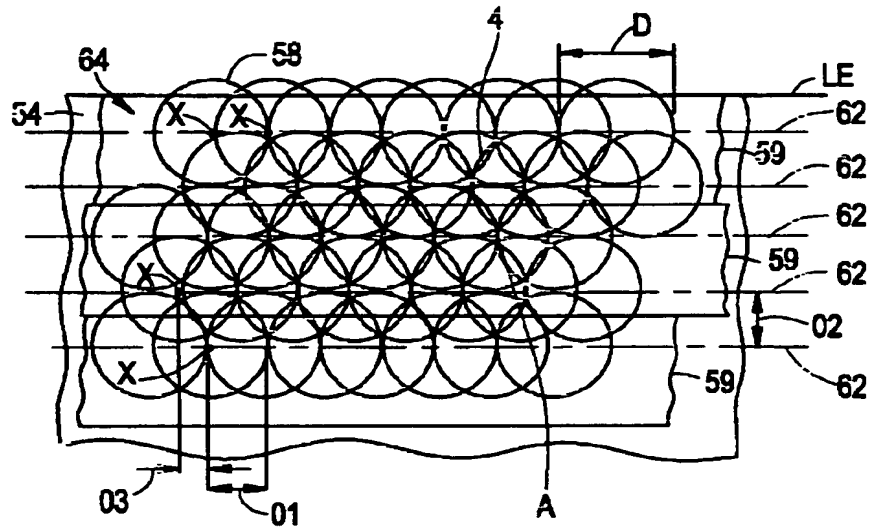


FIG. 6

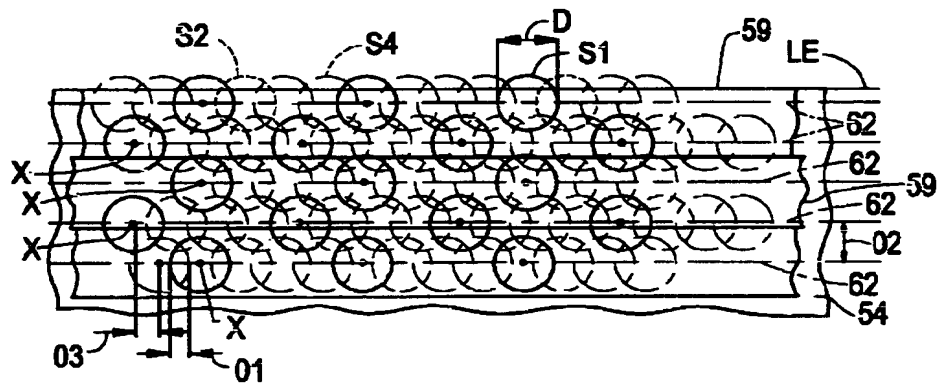
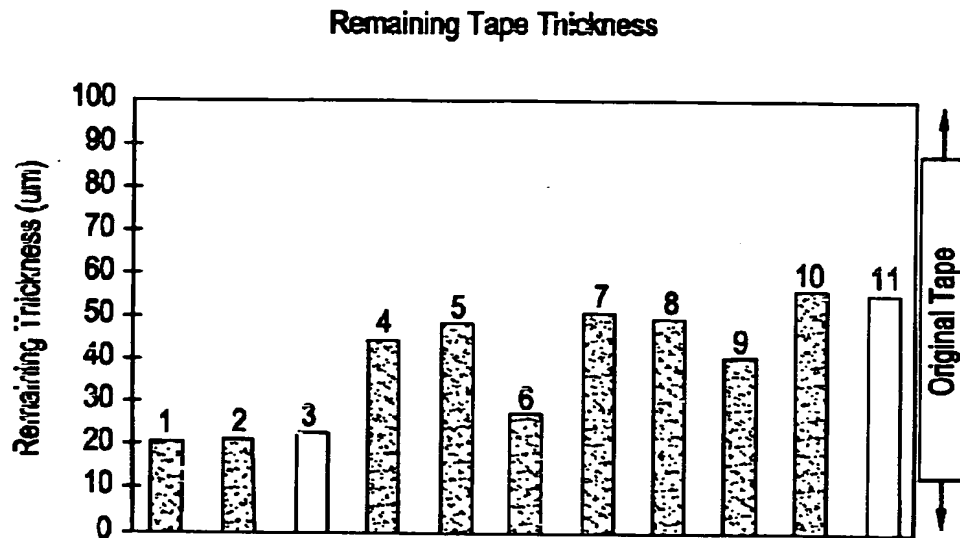


FIG. 7**1. Abstract**

An ablative tape (59) is applied onto a substrate surface. The ablative tape (59) comprises an ablative medium (61) comprising a polymer (23) and dispersed metallic component (25). The tape is then irradiated to ablate the ablative medium (61). An article comprises a substrate and the ablative tape (59) applied to the substrate.

2. Representative Drawing: Figure 4

THIS PAGE BLANK (USPTO)